Usage de la notion de « limite » dans l'enseignement de la physique

Groupe de travail « Enseignement Supérieur »
Le 8 février 2014

Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Plan

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

« Limite » borne à ne pas dépasser

« Limite » du modèle et borne à ne pas dépasser

Les implicites

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Rebond d'une balle
« Limite » dans le comptage

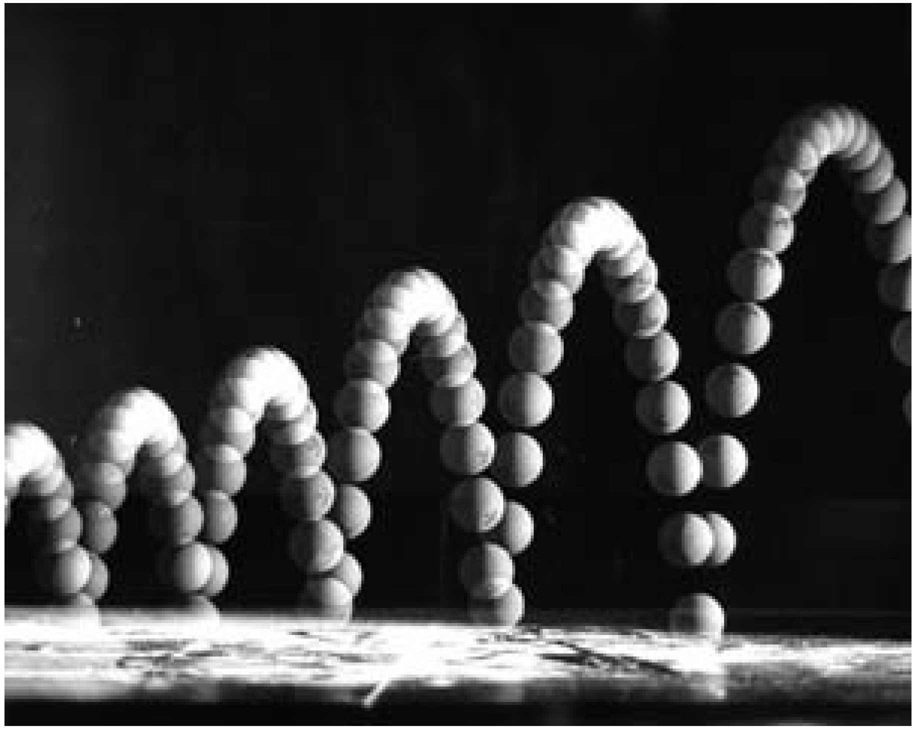
Énoncé d'exercice posé en 1ère année en physique à Paris-Diderot (source : C. de Hosson) :

On fait rebondir une bille d'acier lâchée sans vitesse initiale depuis une hauteur h_0, sur une plaque d'acier. Les frottements sont négligés tout au long du mouvement de la bille.

La bille subit un grand nombre de rebonds successifs jusqu'à ce qu'elle s'immobilise.

Déterminer la distance totale verticale parcourue D et le temps T écoulé jusqu'à l'immobilisation.

On évaluera ces deux termes dans le cas d'une bille d'acier tombant de 1 mètre sur de l'acier (k=0,9) en négligeant les frottements de l'air.



Source : http://www.le-pongiste.com

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Rebond d'une balle
« Limite » dans le comptage

Calcul de D

On a v_1 (juste avant le 1e choc) $= k.v_0$ (juste après le 1e choc)
$D = d_0 + 2d_1 + 2d_2 + ... + 2d_n$
et $d_0 = \frac{v_0^2}{2g}$; $d_1 = \frac{v_1^2}{2g} = k^2.d_0$; $d_2 = k^2.d_1$; $(...)$;$d_n = k^2.d_{n-1}$
D'où $D = d_0 + \sum_{d=1}^{n} 2d_n$ (somme des termes d'une suite géométrique de raison k^2 et de premier terme d_1) telle que $D = d_0 + 2d_1\frac{1-k^{2n}}{1-k^2}$; or $0 < k < 1$ donc k^{2n} tend vers 0; $D = 9,57$m

Calcul de T

$v_0 = gt_0$; $v_1 = k.v_0 = gt_1$
$T = t_0 + 2t_1 + 2t_2 + ... + 2t_n$
$t_1 = k.t_0$; $t_2 = k.t_1$; $(...)$; $t_n = k.t_{n-1}$
D'où $T = t_0 + \sum_{t=1}^{n} 2t_n = t_0 + 2t_1\frac{1-k^n}{1-k} = 8,45$s

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Optique géométrique
« Limite » dans l'espace

Situation 1

Pourquoi fait-il jour à Paris pendant qu'il fait nuit à Sydney ? Faire un schéma.

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Optique géométrique
« Limite » dans l'espace

Situation 1

Pourquoi fait-il jour à Paris pendant qu'il fait nuit à Sydney ? Faire un schéma.

Situation 2

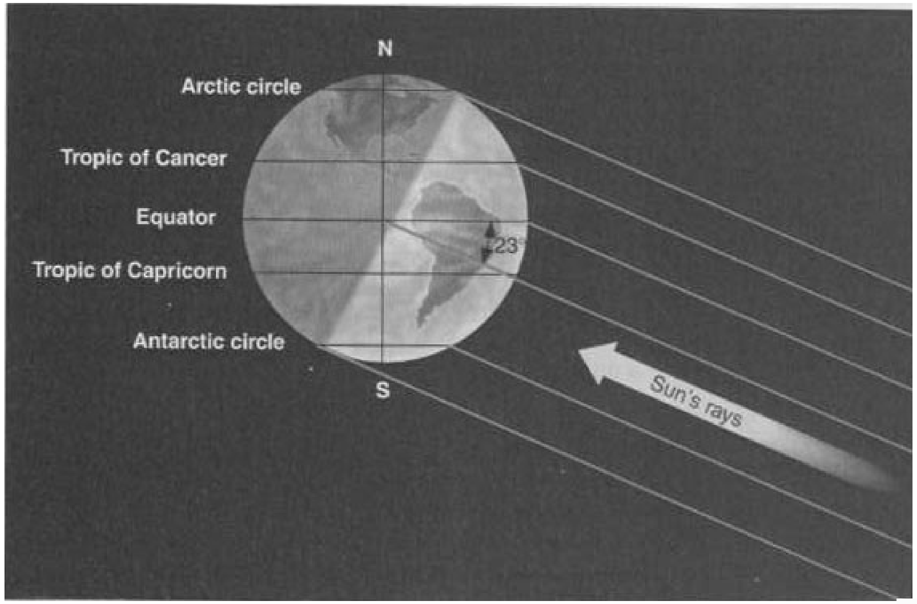
Faites un schéma permettant d'expliquer qu'en 1999 l'éclipse était totale à Strasbourg et partielle à Marseille.

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

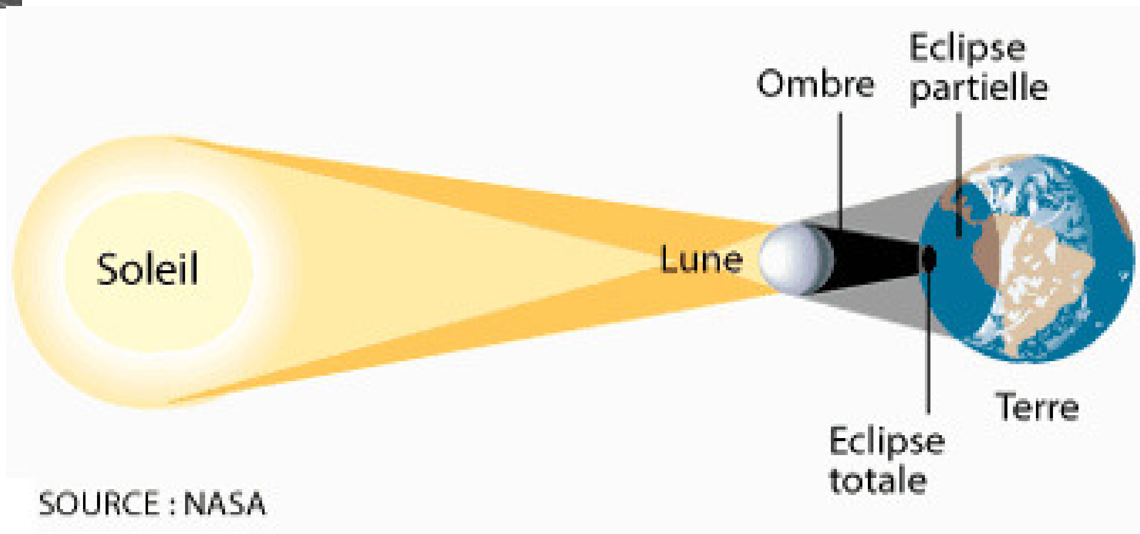
Optique géométrique
« Limite » dans l'espace



Géométrisation alternance jour et nuit

Suffisance du modèle parallélisme des rayons lumineux

Géométrisation éclipse partielle



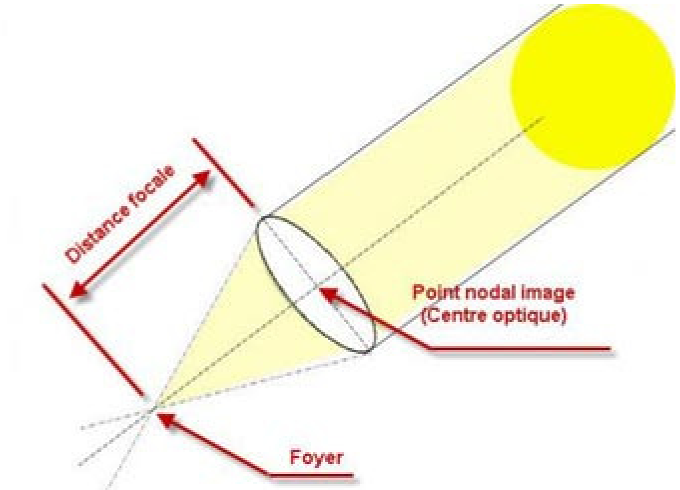
Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

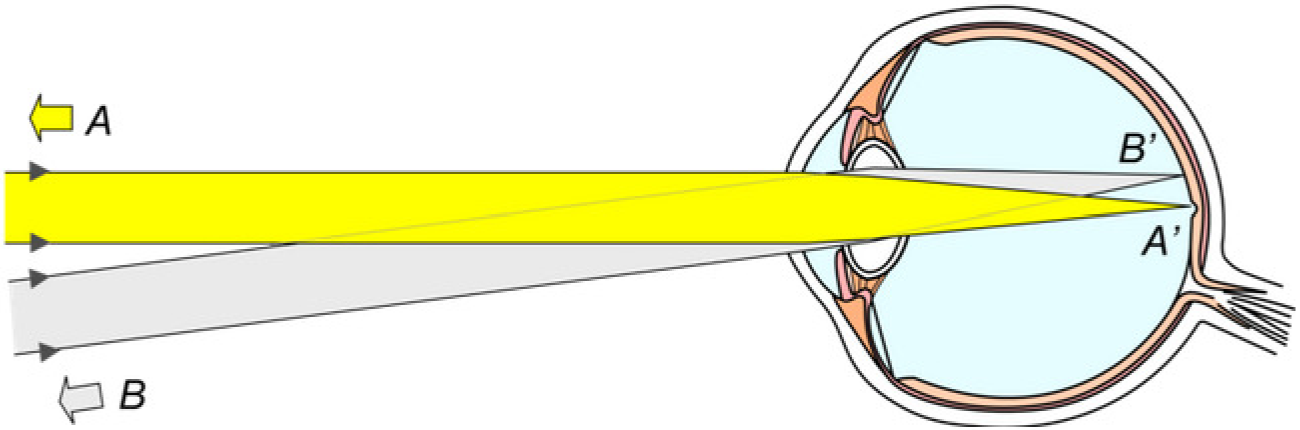
« Limite » du modèle

Optique géométrique
« Limite » dans l'espace

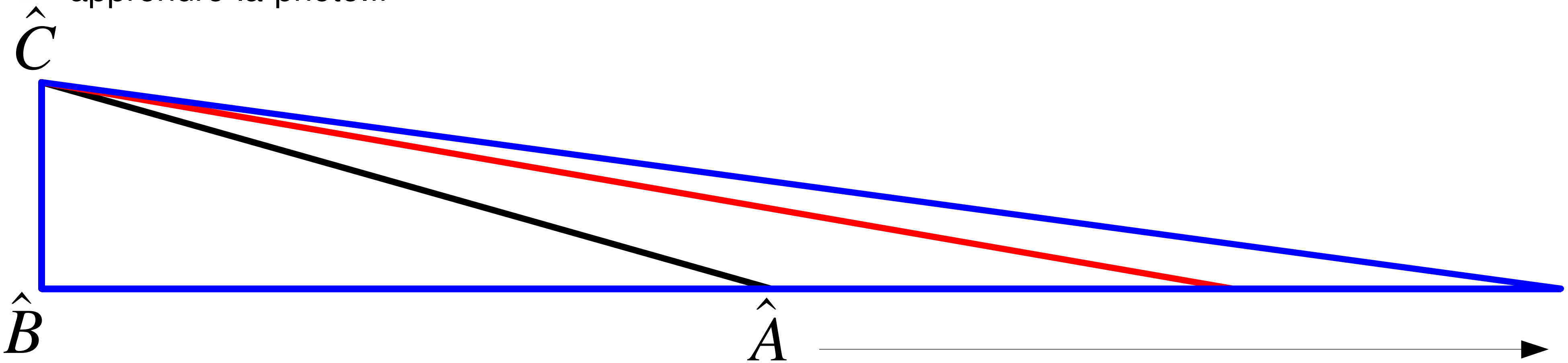
Objet à l'infini



Source : http://www.comment-apprendre-la-photo.fr



Source : http://physiquelumiere.canalblog.com

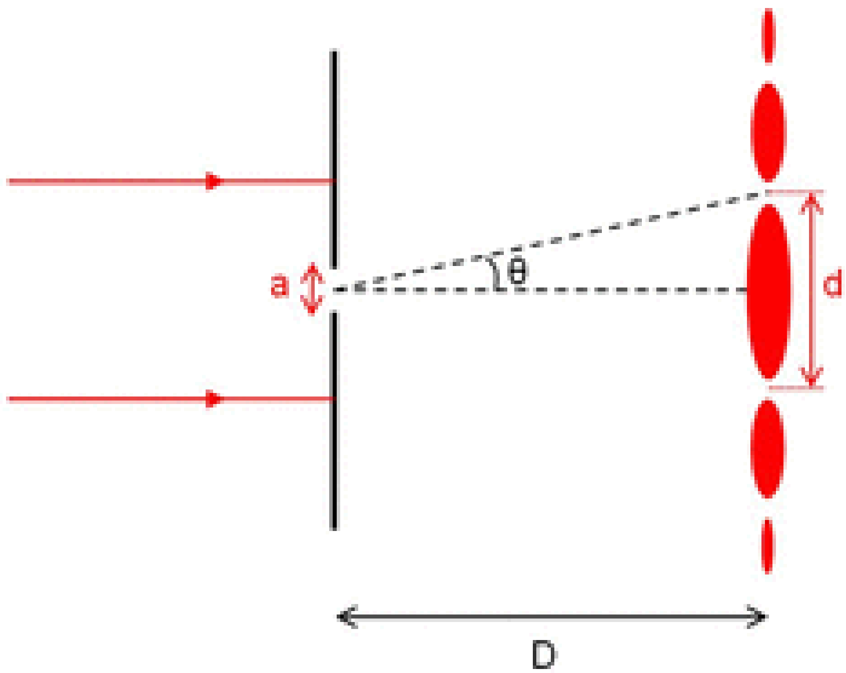


Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Optique géométrique
« Limite » dans l'espace



Modèle rayons lumineux uniquement
(optique géométrique)

Lorsque a $\rightarrow$ 0

$$\sin(\theta) \approx \frac{\lambda}{a}$$

Prédominance du modèle diffraction
par rapport au modèle rayons lumineux
(optique géométrique)

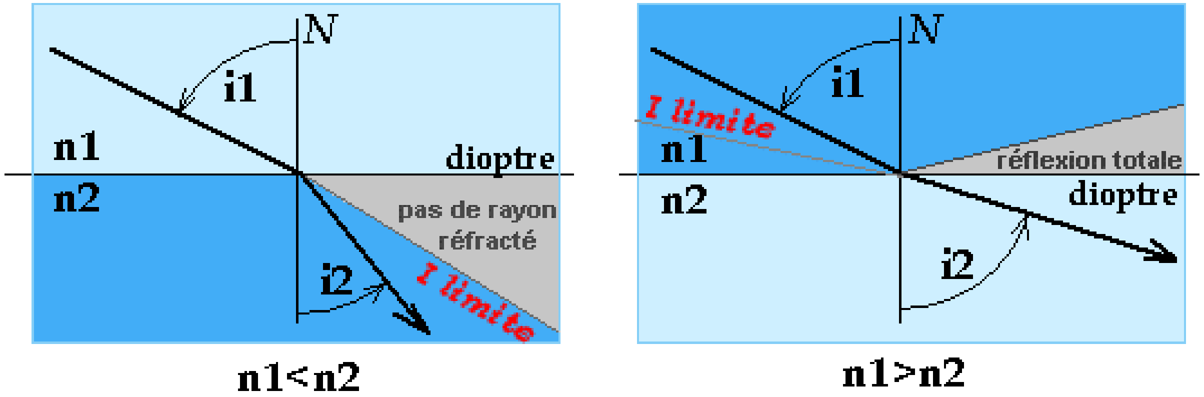
Source : http://www.assistancescolaire.com

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » borne à n pas dépasser

Réfraction
« Limite » d'angle



Loi de la réfraction Descartes/Snell : n1.sini1 = n2.sini2

Source : http://canigou.allauch.free.fr/Rappel_refract.htm

Si $i_1 = \frac{\pi}{2}$ alors $i_{2max} = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$ avec i_{2max} angle limite de réfraction

Si $i_2 = \frac{\pi}{2}$ alors $i_{1max} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ avec i_{1max} angle limite d'incidence

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

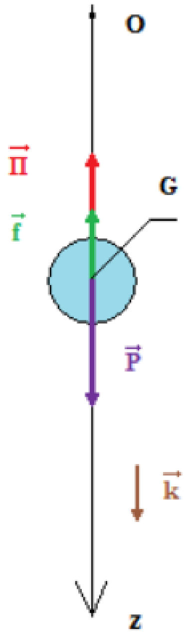
« Limite » du modèle + borne à ne pas dépasser

« Limite » dans le temps
Chute avec frottements

$$\vec{\Pi} = \rho V \vec{g}$$

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

$$\vec{F} = -k v \vec{k}$$

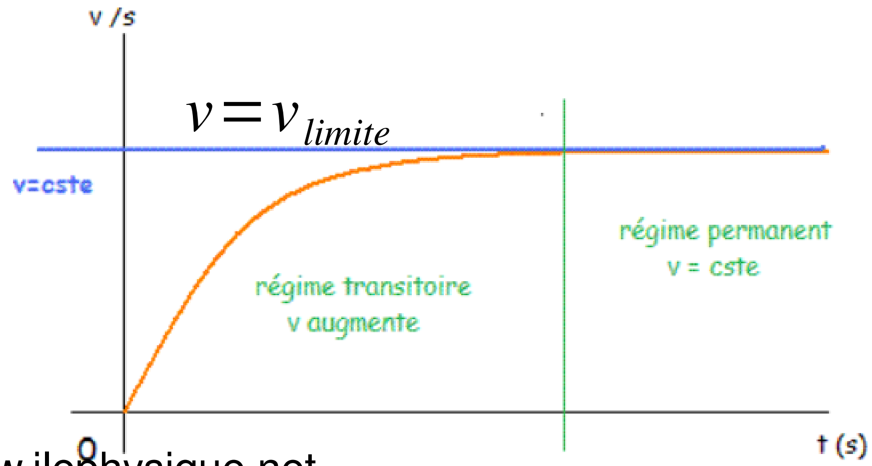


Système : bille, masse m, masse volumique ρ, volume V
Référentiel terrestre supposé galiléen.

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{\Pi} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

A $v = v_{limite}$ = cste, on a : a = 0 et le PFD devient $\vec{P} + \vec{F} + \vec{\Pi} = \vec{0}$

$$mg - \rho V g - k\, v_{limite} = 0 \longrightarrow v_{limite} = \frac{m - \rho V}{k} g$$



Temps caractéristique nécessaire pour que la vitesse limite soit atteinte

$$\tau = \frac{v_{limite}}{g}$$

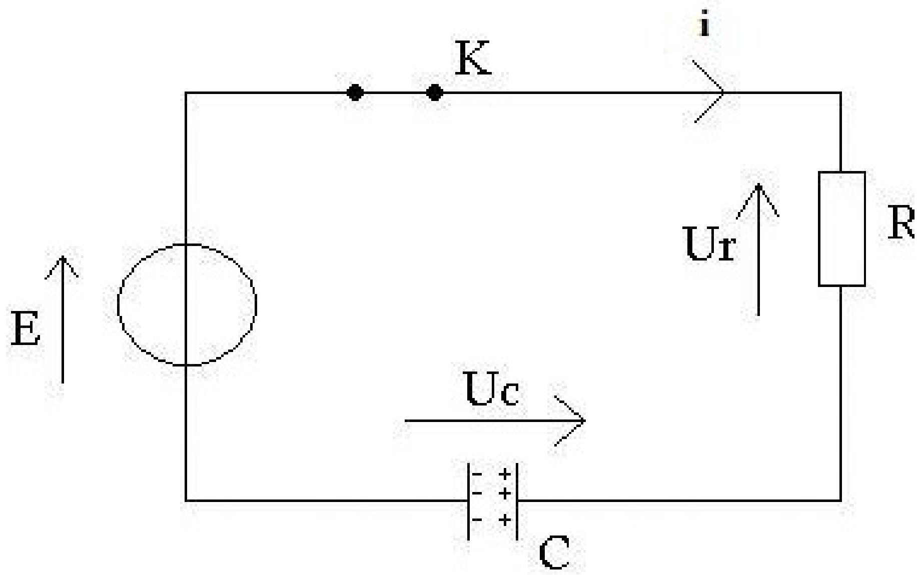
Source : http://www.ilephysique.net

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle + borne à ne pas dépasser

« Limite » dans le temps
Charge d'un condensateur



Source : http://www.ilephysique.net

A t = 0 s, Uc = 0 V (condensateur déchargé), on ferme l'interrupteur K.

Loi des mailles : $E = U_r(t) + U_c(t)$

$$E = Ri(t) + U_c(t)$$

Avec : $i(t) = \dfrac{dq(t)}{dt} = C\dfrac{U_c(t)}{dt}$

Donc : $E = RC\dfrac{U_c(t)}{dt} + U_c(t)$ Avec le temps caractéristique : $\tau = RC$

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle + borne à ne pas dépasser

« Limite » dans le temps
Charge d'un condensateur

Solution de l'équation différentielle de la forme : $U_c(t) = A\exp(\frac{-t}{\tau}) + B$

A et B sont des constantes dépendant des conditions initiales (CI) et finales (CF) de la charge du condensateur.

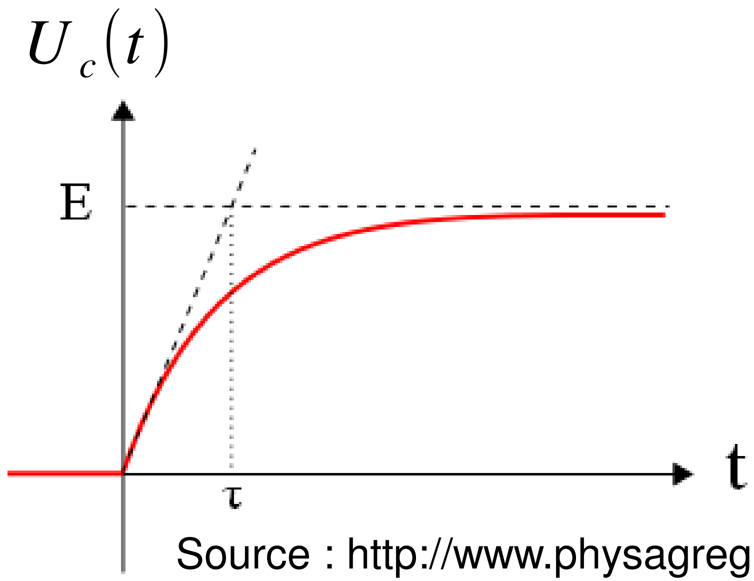
CI : à t = 0 $U_c(0)=0$ condensateur déchargé au départ

CF : à t = ∞ (en fin de charge), le condensateur est complètement chargé et le courant qui le traverse est nul

i(∞) = 0 donc $U_R(\infty)=0$ et $U_c(\infty)=E$

Finalement la solution s'écrit :

$$U_c(t) = E(1-\exp(\frac{-t}{\tau}))$$



Source : http://www.physagreg.fr

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Situations physiques mettant en jeu la notion de « limite »

« Limite » du modèle

Relativité restreinte / galiléenne

$$\begin{cases} x' = x - v_0 t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

Transformée dite de « Galilée »

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma\left(t - \dfrac{v}{c^2}x\right) \end{cases} \quad \text{avec } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$$

Transformée dite de « Lorentz »

$$\lim_{c \to +\infty} \gamma = 1$$

La transformée de Galilée est un cas limite de la transformée de Lorentz

Auteurs : Nicolas Décamp, Nathalie Lebrun, Cécile de Hosson

Les implicites

Vitesse instantanée	$\frac{dx}{dt}$	$\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$
Variation de charge	$\frac{dq}{dt}$	$\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}$
Énergie potentielle	$E_p(\infty)=0$	$\lim\limits_{x \to \infty} E_p=0$
Vitesse limite	$v_{limite}=\frac{m-\rho V}{k} g$	$\lim\limits_{t \to \infty} v(t)=v_{limite}$

Polysémie du terme « limite »